

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6304965号  
(P6304965)

(45) 発行日 平成30年4月4日(2018.4.4)

(24) 登録日 平成30年3月16日(2018.3.16)

(51) Int. Cl.		F I			
<b>H O 1 L</b>	<b>21/027</b>	<b>(2006.01)</b>	<b>H O 1 L</b>	21/30	<b>5 O 2 D</b>
<b>B 2 9 C</b>	<b>59/02</b>	<b>(2006.01)</b>	<b>B 2 9 C</b>	59/02	<b>Z</b>
<b>H O 1 L</b>	<b>21/304</b>	<b>(2006.01)</b>	<b>H O 1 L</b>	21/304	<b>6 4 7 Z</b>
<b>B O 8 B</b>	<b>7/00</b>	<b>(2006.01)</b>	<b>H O 1 L</b>	21/304	<b>6 4 4 Z</b>
			<b>B O 8 B</b>	7/00	

請求項の数 15 (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願2013-162221 (P2013-162221)  
 (22) 出願日 平成25年8月5日(2013.8.5)  
 (65) 公開番号 特開2014-60385 (P2014-60385A)  
 (43) 公開日 平成26年4月3日(2014.4.3)  
 審査請求日 平成28年8月1日(2016.8.1)  
 (31) 優先権主張番号 特願2012-184749 (P2012-184749)  
 (32) 優先日 平成24年8月24日(2012.8.24)  
 (33) 優先権主張国 日本国(JP)

(73) 特許権者 000001007  
 キヤノン株式会社  
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号  
 (74) 代理人 100114775  
 弁理士 高岡 亮一  
 (72) 発明者 飯村 晶子  
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キ  
 ヤノン株式会社内

審査官 今井 彰

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 インプリント装置およびインプリント方法、それを用いた物品の製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

型を用いて、第1基板上にインプリント材のパターンを形成するインプリント装置であって、

前記第1基板を保持する第1基板保持部と、

前記型に付着した前記インプリント材の硬化物を除去するための第2基板を保持する第2基板保持部と、

前記型に付着した前記インプリント材の硬化物を軟化または溶解させる気体を供給する気体供給部と、

を有し、

前記インプリント材の硬化物を、前記気体によって軟化または溶解させ、前記第2基板上のインプリント材と接触させ、前記第2基板上で再硬化させる、

ことを特徴とするインプリント装置。

【請求項2】

前記気体は、ペンタフルオロプロパンであることを特徴とする請求項1に記載のインプリント装置。

【請求項3】

前記気体は、ハイドロフルオロカーボンであることを特徴とする請求項1に記載のインプリント装置。

【請求項4】

10

20

前記第 1 基板保持部と前記第 2 基板保持部とを移動可能に保持する駆動機構を備えることを特徴とする請求項 1 ないし 3 のいずれか 1 項に記載のインプリント装置。

【請求項 5】

前記駆動機構は、前記第 1 基板保持部を保持し移動させる第 1 駆動機構と、前記第 2 基板保持部を保持し移動させる第 2 駆動機構とから構成されることを特徴とする請求項 4 に記載のインプリント装置。

【請求項 6】

前記型に向けて、真空紫外線を照射する光源と、前記型を保持する型保持部と、前記気体供給部を構成する前記気体を放出するノズルとを少なくとも内部に含む収容部と、を備え、

前記気体供給部は、前記気体に加えて窒素と酸素とを含む混合気体を供給可能とする、ことを特徴とする請求項 1 ないし 5 のいずれか 1 項に記載のインプリント装置。

【請求項 7】

前記気体供給部は、前記気体に加えてヘリウムを供給可能とすることを特徴とする請求項 6 に記載のインプリント装置。

【請求項 8】

前記第 2 基板保持部の前記第 2 基板を保持する面の面積は、前記第 1 基板保持部の前記第 1 基板を保持する面の面積よりも小さいことを特徴とする請求項 1 ないし 7 のいずれか 1 項に記載のインプリント装置。

【請求項 9】

型を用いて、第 1 基板上にインプリント材のパターンを形成するインプリント方法であって、

第 1 基板上に前記インプリント材のパターンの形成を少なくとも 1 回行うパターン形成工程と、

前記型に付着した前記インプリント材の硬化物を軟化または溶解させ、第 2 基板上のインプリント材と接触させ、前記第 2 基板上で再硬化させることで前記型から前記インプリント材の硬化物を除去する工程と、

を含むことを特徴とするインプリント方法。

【請求項 10】

前記インプリント材の硬化物を除去する工程における前記第 2 基板に対する前記インプリント材の塗布量は、前記パターン形成工程における前記第 1 基板に対する前記インプリント材の塗布量よりも多いことを特徴とする請求項 9 に記載のインプリント方法。

【請求項 11】

前記インプリント材の硬化物を除去する工程において、前記インプリント材の硬化物を軟化または溶解させる気体を供給し、

前記第 2 基板上のインプリント材が前記気体を溶解する量は、前記第 1 基板上のインプリント材が前記気体を溶解する量よりも多いことを特徴とする請求項 9 または 10 に記載のインプリント方法。

【請求項 12】

前記インプリント材の硬化物を除去する工程において、前記インプリント材の硬化物を軟化または溶解させる気体を供給し、

前記第 2 基板に対する前記気体の供給量は、前記パターン形成工程における前記第 1 基板に対する前記気体の供給量よりも多いことを特徴とする請求項 9 ないし 11 のいずれか 1 項に記載のインプリント方法。

【請求項 13】

前記パターン形成工程の後に、前記インプリント材の硬化物を除去する工程が必要とどうかを判断する工程を含むことを特徴とする請求項 9 に記載のインプリント方法。

【請求項 14】

前記判断する工程にて前記インプリント材の硬化物の除去が必要であると判定された場合に、前記インプリント材の硬化物を除去する工程の前に、窒素と酸素との混合気体の雰

10

20

30

40

50

囲気で真空紫外線を前記型に照射する工程を含むことを特徴とする請求項 1 3 に記載のインプリント方法。

【請求項 1 5】

請求項 1 ないし 8 のいずれか 1 項に記載のインプリント装置、または請求項 9 ないし 1 4 のいずれか 1 項に記載のインプリント方法を用いて基板上にインプリント材のパターンを形成する工程と、

前記工程で前記インプリント材のパターンが形成された基板を加工する工程と、を含むことを特徴とする物品の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

10

【0001】

本発明は、インプリント装置およびインプリント方法、ならびにそれを用いた物品の製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

半導体デバイスやMEMSなどの微細化の要求が進み、従来のフォトリソグラフィ技術に加え、基板（ウエハ）上に供給された未硬化の樹脂を型（モールド）で成形し、基板上にパターンを形成する微細加工技術が注目を集めている。この技術はインプリント技術とも呼ばれ、基板上に数ナノメートルオーダーの微細な構造体を形成することができる。例えば、インプリント技術の1つとして光硬化法がある。この光硬化法を採用したインプリント装置では、まず、基板上のパターン形成領域に未硬化の樹脂（光硬化性樹脂）を供給する。次に、基板上の樹脂とパターンが形成された型とを接触させる（押型する）。そして、樹脂と型とを接触させた状態で光を照射して樹脂を硬化させる。基板と型との間隔を広げる（硬化した樹脂から型を引き離す）ことにより、樹脂のパターンが基板上に形成される。

20

【0003】

ここで、インプリント装置では、引き離し後の型に樹脂の硬化物が付着（残留）した場合、次のパターン形成領域に形成されるパターンの形状が乱れ、所望の形状のパターンが形成できない場合がある。そこで、このような硬化物が付着した場合には、硬化物を除去するための型の洗浄を行う必要がある。従来、型に付着した硬化物を洗浄対象物から除去する方法としては、例えば、硬化物を軟化（膨潤）、溶解させることで除去する方法や、硬化物にエネルギーを与えてガス状の低分子量物質まで分解することで除去する方法などがある。前者の方法において、軟化、溶解の時間を短縮するために、超音波振動などの物理的刺激を与える手段を併用する場合もあるが、インプリント装置に用いられる型に対しては、微細なパターンが形成されたパターン部を破損する可能性があるため適さない。そこで、特許文献1は、硬化物を除去しやすくするために、架橋と分解反応との両方の機能を有する紫外線硬化樹脂を用いたインプリント方法を開示している。一方、特許文献2は、UV光やVUV光によりガス状の物質に分解するようなエネルギーを硬化物に付与して除去する技術を開示している。なお、特許文献2におけるFig. 3に図示されているノズルから供給されるオゾンガス、ヘリウム、または二酸化炭素には、硬化物を軟化または溶解させる性質はない。また、特許文献3は、水素ラジカルのような還元性ガスを供給し、付着物をメタンのようなガス状の物質に変化させて除去するクリーニング方法を開示している。また、特許文献4は、洗浄対象物に粘着層を接触させて異物を除去する技術として、露光装置内の被洗浄部位に接触させる粘着層を有するクリーニングシートを開示している。さらに、特許文献5は、凝縮性ガスの雰囲気中でインプリント処理を実施するインプリント方法を開示している。この特許文献5に関連して、非特許文献1は、凝縮性ガスの中でも特にペンタフルオロプロパン（PF<sub>5</sub>）が未硬化のアクリル系紫外線硬化樹脂の粘度を下げる旨を記載している。

30

40

【先行技術文献】

【特許文献】

50

## 【 0 0 0 4 】

【特許文献 1】国際公開第 2 0 0 9 / 1 1 3 3 5 7 号

【特許文献 2】米国特許出願公開第 2 0 1 0 / 0 0 8 5 5 5 号明細書

【特許文献 3】特開 2 0 0 9 - 8 8 4 8 4 号公報

【特許文献 4】特許第 3 8 2 2 7 6 3 号公報

【特許文献 5】特許第 3 7 0 0 0 0 1 号公報

【非特許文献】

## 【 0 0 0 5 】

【非特許文献 1】HiroshiHiroshima, etc, "Viscosity of a Thin Film of UV Curable Resin inPentafluoropropane", J. Photopolymer Science and Technology, Vol. 23, No. 1, 2010, p. 45-50. 10

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

## 【 0 0 0 6 】

しかしながら、特許文献 1 に示す方法では、樹脂の硬化物を軟化させるのに加熱が必要となり、型をインプリント装置から外さずに洗浄するためには、温度制御機構が大掛かりになる。また、特許文献 2 および 3 に示す方法では、硬化物を二酸化炭素などのガス状の低分子量物質にまで分解するのに時間がかかる。また、特許文献 4 には、インプリント装置に用いられる型の洗浄に適用する旨の記載がなく、ここに示す方法では、実際に型のパターン部（凹部）に付着した硬化物を効率的に除去することが難しい。さらに、特許文献 5 および非特許文献 1 には、硬化物を軟化、溶解させ、型の洗浄へ応用する旨の記載がない。 20

## 【 0 0 0 7 】

本発明は、このような状況を鑑みてなされたものであり、例えば、型に付着したインプリント材の硬化物を短時間で除去するのに有利なインプリント装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

## 【 0 0 0 8 】

上記課題を解決するために、本発明は、型を用いて、第 1 基板上にインプリント材のパターンを形成するインプリント装置であって、第 1 基板を保持する第 1 基板保持部と、型に付着したインプリント材の硬化物を除去するための第 2 基板を保持する第 2 基板保持部と、型に付着したインプリント材の硬化物を軟化または溶解させる気体を供給する気体供給部と、を有し、インプリント材の硬化物を、気体によって軟化または溶解させ、第 2 基板上のインプリント材と接触させ、第 2 基板上で再硬化させる、ことを特徴とする。 30

【発明の効果】

## 【 0 0 0 9 】

本発明によれば、例えば、型に付着したインプリント材の硬化物を短時間で除去するのに有利なインプリント装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

## 【 0 0 1 0 】

【図 1】本発明の第 1 実施形態に係るインプリント装置の構成を示す図である。 40

【図 2】第 1 実施形態に係るウエハステージの構成を示す図である。

【図 3】第 1 実施形態に係るインプリント装置の動作を示すフローチャートである。

【図 4】第 1 実施形態に係る洗浄工程の流れを示すフローチャートである。

【図 5】洗浄工程における気体や樹脂の状態を時系列で示す図である。

【図 6】本発明の第 2 実施形態に係るインプリント装置の構成を示す図である。

【図 7】第 2 実施形態に係るウエハステージの構成を示す図である。

【図 8】第 3 実施形態に係るインプリント装置の動作を示すフローチャートである。

【図 9】本発明の第 3 実施形態に係るインプリント装置の構成を示す図である。

【発明を実施するための形態】 50

## 【 0 0 1 1 】

以下、本発明を実施するための形態について図面などを参照して説明する。

## 【 0 0 1 2 】

## (第1実施形態)

まず、本発明の第1実施形態に係るインプリント装置および方法について説明する。図1は、本実施形態に係るインプリント装置1の構成を示す概略図である。インプリント装置1は、物品としての半導体デバイスなどの製造に使用され、ウエハW上(基板上)に供給(塗布)された未硬化樹脂とモールド(型)Mとを接触させて成形し、ウエハW上にパターンを形成する装置である。なお、ここでは、光硬化法を採用したインプリント装置とする。また、以下の図においては、上下方向(鉛直方向)にZ軸を取り、Z軸に垂直な平面内に互いに直交するX軸およびY軸を取っている。インプリント装置1は、まず、照射部2と、モールド保持機構3と、ウエハステージ(ディスペンサ)4と、塗布部5と、気体供給機構6と、制御部7とを備える。

10

## 【 0 0 1 3 】

光照射部2は、インプリント処理の際に、モールドMに対して紫外線(UV)10を照射する。この光照射部2は、不図示であるが、光源と、この光源から発せられた紫外線10をインプリントに適切な光に調整し、モールドMに照射する照明光学系とを含む。光源は、水銀ランプなどのランプ類を採用可能であるが、モールドMを透過し、かつ樹脂(インプリント材、紫外線硬化樹脂)が硬化する波長の光を発する光源であれば、特に限定するものではない。照明光学系は、レンズ、ミラー、アパーチャ、照射と遮光とを切り替えるためのシャッターなどを含み得る。

20

## 【 0 0 1 4 】

モールドMは、外周形状が多角形(好適には、矩形または正方形)であり、ウエハWに対する面には、例えば回路パターンなどの転写すべき凹凸パターンが3次元状に形成されたパターン部Maを含む。なお、パターンサイズは、製造対象となる物品により様々であるが、微細なものでは線幅が十数ナノメートルのパターンも含まれる。また、モールドMの材質は、紫外線10を透過させることが可能で、かつ熱膨張率の低いことが望ましく、例えば石英とし得る。

## 【 0 0 1 5 】

モールド保持機構(型保持部)3は、不図示であるが、モールドMを保持するモールドチャックと、このモールドチャックを保持し移動可能とするモールド駆動機構とを含む。モールドチャックは、モールドMにおける紫外線10の照射面の外周領域を真空吸着力や静電力により引き付けることでモールドMを保持し得る。モールド駆動機構は、モールドMのウエハW上の樹脂との接触(押型)、または引き離し(離型)を行うとともに、モールドMとウエハWとのX軸方向とY軸方向との位置合わせを行えるように、モールドMを各軸方向に移動させる。このモールド駆動機構に採用可能な動力源としては、例えばリニアモータまたはエアシリンダーがある。なお、インプリント装置1における押型および離型の各動作は、モールドMをZ軸方向に移動させることで実現してもよいが、後述のウエハステージ4をZ軸方向に移動させることで実現してもよく、または、その双方を相対的に移動させてもよい。なお、モールド保持機構3は、モールドチャックにおけるモールドMの保持側に設置され、モールドMの側面に対して外力または変位を機械的に与えることによりモールドM(パターン部Ma)の形状を補正する倍率補正機構を含む場合もある。さらに、モールド保持機構3は、XY平面方向の中心部(内側)に、光照射部2から照射された紫外線10をウエハWに向かい通過可能とする開口領域11を有する。

30

40

## 【 0 0 1 6 】

ウエハWは、例えば、単結晶シリコン基板やSOI(Silicon on Insulator)基板、またはガラス基板である。このウエハW(ウエハW1)上には、複数のショット(ショット領域、パターン形成領域)が存在し、これらのショットには、パターン部Maにより樹脂のパターン(パターンを含む層)が成形される。

## 【 0 0 1 7 】

50

ウエハステージ（基板保持部）4は、ウエハWを保持して移動可能である。このウエハステージ4は、通常のインプリント工程において、被処理基板としてのウエハ（第1基板）W1を保持する第1ステージST1と、後述するモールドMの洗浄工程において、洗浄用ウエハ（第2基板）W2を保持する第2ステージST2とを含む。図2は、第1ステージST1および第2ステージST2をZ軸方向から見た平面図である。第1ステージST1は、ウエハW1を吸着力により引き付けて保持するウエハチャック（第1基板保持部、第1チャック）12aを有する。さらに、第1ステージST1は、ウエハチャック12aを機械的に保持し、各軸方向に移動可能とするステージ駆動機構（第1駆動機構）13aを有する。一方、第2ステージST2は、洗浄用ウエハW2を吸着力により引き付けて保持するウエハチャック（第2基板保持部、第2チャック）12bを有する。さらに、第2ステージST2は、ウエハチャック12bを機械的に保持し、各軸方向に移動可能とするステージ駆動機構（第2駆動機構）13bを有する。洗浄用ウエハW2の表面積は、ウエハW1に存在するよりも少ない数のショットが存在する程度の大きさでよいため、ウエハチャック12bの洗浄用ウエハW2を保持する面の面積は、ウエハチャック12aのウエハW1を保持する面の面積よりも小さくてよい。すなわち、ウエハチャック12b（第2ステージST）自体の大きさを小型化できるので、インプリント装置1内の駆動範囲を省スペース化できる。各ウエハチャック12a、12bは、例えば、高さの揃った複数のピンでウエハWを支持し、ピン以外の部分を真空排気により減圧することでウエハWを保持する。各ステージ駆動機構13a、13bは、駆動中および静止中の振動が少ない動力源であり、採用可能な動力源としては、例えばリニアモータまたは平面モータなどがある。また、第1ステージST1および第2ステージST2は、それぞれ、ステージ表面に後述のアライメント工程で参照される基準マーク14a、14bを備える。さらに、第1ステージST1および第2ステージST2の位置は、それぞれ、例えばレーザー干渉計により実時間で計測され、後述する制御部7は、このときの計測値に基づいて位置決め制御を実行する。

#### 【0018】

塗布部（ディスペンサ）5は、モールド保持機構3の近傍に設置され、ウエハW上に存在するパターン形成領域としてのショット上に、未硬化の樹脂を塗布（供給）する。この樹脂は、紫外線10を受光することにより硬化する性質を有する紫外線硬化樹脂（光硬化性樹脂、インプリント材）であり、半導体デバイス製造工程などの各種条件により適宜選択される。この塗布部5は、塗布方式としてインクジェット方式を採用し、不図示であるが、未硬化状態の樹脂を収容する容器と、液滴吐出部とを有する。液滴吐出部は、例えば複数の吐出口を含むピエゾタイプの吐出機構（インクジェットヘッド）を含む。

#### 【0019】

気体供給機構（気体供給部）6は、後述のモールドMの洗浄工程において、モールドMに付着した樹脂の硬化物を軟化、または溶解させる気体を供給する。この気体供給機構6は、気体容器20と、ノズル（供給口）21と、気体制御部22とを含む。気体容器20は、供給する気体を一旦収容する。ノズル21は、モールド保持機構3の近傍に設置され、モールドMとウエハWとの隙間空間に向かって気体を供給（放出）する。なお、ノズル21の形状、設置場所または設置個数は、気体を効率良く上記の隙間空間に供給できるものであれば、特に限定するものではない。気体制御部22は、制御部7からの指示に基づいて、気体の供給量や濃度などを調節する。ここで、洗浄工程にて使用される気体としては、本実施形態では、ペンタフルオロプロパン（以下「PFP」と表記する）を使用する。なお、洗浄工程にて使用される気体は、樹脂硬化物を軟化させる性質を有する気体であれば、PFPに限定するものではない。例えば、アクリル系光硬化型樹脂を軟化または溶解させる気体であれば、PFPの他に、 $C_4HF_9$ （ノナフルオロブタン）、 $C_4H_4F_6$ （ヘキサフルオロブタン）などのハイドロフルオロカーボン（HFC）が挙げられる。

#### 【0020】

制御部7は、インプリント装置1の各構成要素の動作および調整などを制御し得る。制御部7は、例えばコンピュータなどで構成され、インプリント装置1の各構成要素に回線

10

20

30

40

50

を介して接続され、プログラムなどにしたがって各構成要素の制御を実行し得る。なお、制御部7は、インプリント装置1の他の部分と一体で（共通の筐体内に）構成してもよいし、インプリント装置1の他の部分とは別体で（別の筐体内に）構成してもよい。

#### 【0021】

また、インプリント装置1は、2種類のアライメント計測系を備える。まず、1つ目のアライメント計測系は、ウエハW上に形成されているマークと、モールドMに形成されているマークとを同時に観察するアライメントスコープ30である。制御部7は、モールドMとウエハWとの位置合わせに際して、アライメントスコープ30が観察した結果を参照する。このアライメントスコープ30としては、例えば自動調節スコープ（Automatic Adjustment Scope：AAS）を採用し得る。さらに、2つ目のアライメント計測系は、モールドMを介さずに、ウエハWに形成されているマーク、および第1ステージST1および第2ステージST2上に存在する基準マーク14a、14bを観察するオフアクシススコープ（OAS）31である。また、インプリント装置1は、ウエハステージ4を載置し、基準平面を形成する定盤32と、モールド保持機構3を固定するブリッジ定盤33と、定盤32から延設され、床面からの振動を除去する除振器を介してブリッジ定盤33を支持する支柱34とを備える。例えば、モールド保持機構3、塗布部5、気体供給機構6のノズル21、および上記アライメント計測系などは、ブリッジ定盤33に設置されている。さらに、インプリント装置1は、不図示であるが、モールドMを装置外部とモールド保持機構3との間で搬入出させるモールド搬送機構や、ウエハWを装置外部とウエハステージ4との間で搬入出させるウエハ搬送機構などを備える。

#### 【0022】

次に、インプリント装置1による処理動作（インプリント方法）について説明する。図3は、インプリント装置1による処理動作の流れを示すフローチャートである。まず、制御部7は、ウエハW1に対するパターン形成を実施する（ステップS100：インプリント工程）。このインプリント工程では、制御部7は、まず、ウエハW1をウエハ搬送機構により第1ステージST1へ搬送させ、ウエハチャック12a上に載置および保持させる。次に、制御部7は、ステージ駆動機構13aを駆動させてウエハW1の位置を変更させつつ、オフアクシススコープ31により第1ステージST1上の基準マーク14aとウエハW1の各ショットのアライメントマークとを検出させ、ウエハW1の位置を計測する。そして、制御部7は、その検出結果から各転写座標を演算し、この演算結果に基づいて所定のショットごとにパターンを形成させる（ステップ・アンド・リピート）。ある1つのショットに対するパターン形成としては、制御部7は、まず、ステージ駆動機構13aにより塗布部5の吐出口の直下にウエハW1上の塗布位置を位置決めさせる。その後、塗布部5は、ウエハW1上のショットに樹脂を塗布する（第1塗布工程）。次に、制御部7は、ステージ駆動機構13aによりパターン部Ma直下の押し付け位置にショットが位置するようにウエハW1を移動させ、位置決めさせる。次に、制御部7は、モールド駆動機構を駆動させ、パターン部Maとショット上の樹脂とを接触させる（第1押型工程）。同時に、制御部7は、アライメントスコープ30による検出結果に基づいたパターン部Maとショットとの位置合わせや、倍率補正機構によるパターン部Maの倍率補正などを実施させる。この接触させることにより、樹脂は、パターン部Maの凹凸パターンに充填される。この状態で、光照射部2は、モールドMの背面（上面）から紫外線10を所定時間照射し、モールドMを透過した紫外線10により樹脂を硬化させる（第1硬化工程）。そして、樹脂が硬化した後、制御部7は、モールド駆動機構を再駆動させ、パターン部Maと硬化した樹脂とを引き離す（第1離型工程）。これにより、ウエハW1上のショットの表面にはパターン部Maの凹凸パターンに倣った3次元形状の樹脂パターン（層）が形成される。このような一連のインプリント動作を第1ステージST1の駆動によりショットを変更しつつ複数回実施することで、インプリント装置1は、1枚のウエハW1上に複数の樹脂パターンを形成することができる。

#### 【0023】

ここで、インプリント装置1がステップS100のインプリント工程（少なくとも1回

10

20

30

40

50

行うパターン形成工程)を実施することで、パターン部Ma(モールドM)に樹脂の硬化物が付着(残留)する場合がある。この硬化物の付着は、次のパターン形成領域に形成されるパターンの形状を乱し、所望の形状に形成することができなくなる一因となり得る。そこで、インプリント装置1は、パターン部Maに硬化物が付着している場合には、以下の示すような、硬化物を除去するためのモールドMの洗浄を実施する。この洗浄工程に先立ち、制御部7は、モールドMの洗浄が必要かどうかを判断する(ステップS200:洗浄実施判断工程)。ここで、制御部7が実行する判断基準は、インプリント処理を行ったショットの数が予め設定した数(閾値)を超えたかどうかとする。すなわち、制御部7は、設定ショット数を超過していないと判定した場合には(NO)、ステップS100のインプリント工程を継続し、設定ショット数を超過たと判定した場合には(YES)、

ステップS300の洗浄工程へ移行する。なお、ここでの判断基準は、上記のものに限らず、例えば、ウエハW1上に形成されたパターンの形状(状態)を検査する検査装置を別途準備し、制御部7は、この検査装置による検査結果に基づいて判断してもよい。そして、制御部7は、検査結果により、所望の形状となっていないパターンの数を評価し、このパターン数が予め設定した数(閾値)を超えたかどうかで判断する。モールドMの検査装置は、転写されたパターンの欠陥の有無や転写の良否などを求めることができる。この検査装置としては、例えば、蛍光物質を含有する樹脂を用いてインプリント処理を行うモールドMに励起光を照射することで、基板上に形成されたパターンの欠陥を検査するものなどがある。

10

#### 【0024】

20

次に、ステップS300の洗浄工程について、図4および図5を参照しつつ説明する。図4は、洗浄工程の流れを示すフローチャートである。図5は、洗浄工程における気体や樹脂の状態を時系列で示す概略図である。まず、制御部7は、洗浄用ウエハW2をウエハ搬送機構により第2ステージST2へ搬送させ、ウエハチャック12b上に載置および保持させる。ここで、洗浄工程にて用いるウエハWは、本実施形態では、被処理基板としてのウエハW1とは異なる洗浄用ウエハW2としている。これは、洗浄工程が実施されている間も所望の形状とならないパターンが形成される可能性があるため、ウエハW1をそのまま用いた場合の製品への影響を避けるためである。なお、洗浄用ウエハW2としては、洗浄工程における離型工程中に樹脂が表面から剥がれづらくなるように、ベアウエハとするか、または表面に樹脂の密着促進層が塗布されたベアウエハとすることが望ましい。次に、制御部7は、ステージ駆動機構13bを駆動させて洗浄用ウエハW2の位置を適宜変更させつつ、オフアクシススコープ31により第2ステージST2上の基準マーク14bを検出させ、洗浄用ウエハW2の位置を計測する。そして、制御部7は、その検出結果から各転写座標を演算して、この演算結果に基づいて所定のショットごとにパターンを形成させる。なお、洗浄工程は、樹脂の除去効率の観点から、インプリント動作を1つのショットのみよりも複数のショットに対して実施する方が望ましい。したがって、洗浄用ウエハW2は、その表面上に、ウエハW1よりは少なくてもよいが、複数のショットを有する。

30

#### 【0025】

ある1つのショットに対する洗浄工程におけるインプリント動作(洗浄動作)として、制御部7は、まず、ステージ駆動機構13bにより塗布部5の吐出口の直下に洗浄用ウエハW2上の塗布位置を位置決めさせる。その後、塗布部5は、洗浄用ウエハW2上のショットに樹脂を塗布する(ステップS301:第2塗布工程)。次に、制御部7は、ステージ駆動機構13bによりパターン部Ma直下の押し付け位置にショットが位置するように洗浄用ウエハW2を移動させ、位置決めさせる。次に、制御部7は、ノズル21からパターン部Maに付着した硬化物を軟化させるPF Pを供給させ、モールドM(パターン部Ma)と、洗浄用ウエハW2(ショット上の樹脂)との隙間空間をPF Pの雰囲気とする(ステップS302:気体供給工程)。図5(a)は、ステップS302において、硬化物40が付着しているパターン部Maの直下に樹脂(未硬化樹脂)41が塗布された洗浄用ウエハW2を配置し、ノズル21からPF P42を供給している状態を示す図である。次に、制御部7は、モールド駆動機構を駆動させて、PF Pの雰囲気中で、パターン部Ma

40

50

とショット上の樹脂41とを押し付ける(ステップS303:第2押型工程)。図5(b)は、ステップS303において、押し付けが完了した状態を示す図である。PFP42は、供給開始から樹脂41に溶解し始め、パターン部Maが樹脂41に接触することでパターン部Maに閉じ込められる。そして、PFP42は、押し付けにより圧力がかかることで凝縮し、パターン部Ma内は、凝縮したPFP42の液体と、PFP42が溶解した樹脂41とで満たされる。このとき、硬化物40は、軟化および溶解し、樹脂41と一体化する。この樹脂41は、PFP42を多く溶解するものが望ましく、ステップS100のインプリント工程で使用する樹脂と異なるものを使用してもよい。また、樹脂41は、単位体積当たりの未硬化の樹脂に溶解する気体の量が多いものを利用するのがよい。つまり、ウエハW2上に供給される未硬化の樹脂への気体溶解度は、ウエハW1上に供給される未硬化の樹脂への気体溶解度よりも大きいもの良い。これにより、樹脂41に溶解するPFP総量が多くなるので、硬化物40を効率的に軟化、溶解させることができる。樹脂41がPFP42を溶解する量は、最大気体溶解度( $PFP / (樹脂 + PFP)$ )(g/g)が0.4より大きいことが好ましい。ただし、最大気体溶解度は、樹脂3gを9ml用茶褐色瓶に入れ、23°C、1気圧において、前記気体を0.1L/minの流量で15分間バブリングした前後の重量を測定した際、その前後で増加した増加重量をバブリング後の全重量で除したものである。なお、第2押型工程では、この軟化と溶解を促進させる観点から、制御部7は、図5(b)に示す状態を可能な限り長く保持させ、硬化物40とPFP42とが触れる時間を長くすることが望ましい。この状態で、光照射部2は、モールドMの背面から紫外線10を所定時間照射し、モールドMを透過した紫外線10により樹脂41を硬化させる(ステップS304:第2硬化工程)。この樹脂41の硬化に伴い、一体化している硬化物40が再硬化する。そして、樹脂41が硬化した後、制御部7は、モールド駆動機構を再駆動させて、パターン部Maと硬化した樹脂41とを引き離す(ステップS305:第2離型工程)。図5(c)は、ステップS305において、引き離しが完了した状態を示す図である。このようにパターン部Maと硬化した樹脂41とが引き離されることで、パターン部Maに付着していた硬化物40が除去されて、モールドMの洗浄が終了する。

#### 【0026】

なお、洗浄工程において、洗浄用ウエハW2上に形成される樹脂41の硬化後の残膜の厚さは、ステップS100の通常のインプリント工程で形成される樹脂の残膜と比べて厚くなるように設定することが望ましい。ここで、残膜とは、ウエハWの表面と樹脂のパターン部Maの先端面との間に存在する部分の膜をいう。この場合、塗布部5は、第2塗布工程でのショットに対する樹脂41の塗布量を第1塗布工程よりも多くし、樹脂41の膜厚を厚くする。これにより、樹脂41に溶解するPFPの総量が多くなるので、硬化物40を効率的に軟化、溶解させることができる。図5(d)は、参考として、洗浄工程での図5(c)に対応した、通常のインプリント工程での残膜の厚さを示す図である。図5(d)に示すように、通常のインプリント工程では、残膜が薄い。これは、残膜を厚くすると、パターン形成後のウエハWに対して実施されるエッチング工程において残膜除去速度にムラが生じた場合、パターンの凸部の幅が場所によって変化し、デバイスパターンの線幅精度に悪影響を及ぼす可能性があるためである。これに対して、洗浄工程では、線幅精度への影響を考慮する必要がないため、予めショットに対する樹脂41の塗布量を多くしても構わない。なお、残膜の厚さを厚くする方法は、上記の樹脂の塗布量を多くする(変更する)だけに限らず、例えば、モールド保持機構3のモールド駆動機構により、押型工程時のZ軸方向の位置を調整することでも可能である。また、本発明においてステップS100の通常のインプリント工程でPFPが供給されるか否かは限定されないが、洗浄工程において供給されるPFPの量は、ステップS100の通常のインプリント工程におけるPFPの供給量より多くすることが望ましい。これにより、樹脂41に溶解するPFPの総量が多くなるので、硬化物40を効率的に軟化、溶解させることができる。

#### 【0027】

このように、インプリント装置1は、モールドMのパターン部Maに樹脂41の硬化物

10

20

30

40

50

40が付着している場合には、モールドMを洗浄する、すなわち硬化物40を除去することができる。特に、インプリント装置1は、モールドMをインプリント装置1内から取り外すことなく洗浄することができるため、モールドMの着脱に伴う調整を必要とせず、装置のスループットへの影響を抑える(ダウンタイムを短くする)ことができる。また、この洗浄工程を実施する機構は、従来の温度制御機構に比べて簡略なものとし得る。また、本実施形態の洗浄工程では、通常のインプリント工程で処理されるウエハW1とは別に、洗浄用ウエハW2を用いる。したがって、洗浄工程では、ウエハW1に対するデバイスパターンの線幅精度を考慮する必要がないため、さらに洗浄の効率化を図ることができる。また、ウエハW1と洗浄用ウエハW2とは、それぞれ異なるステージST1、ST2上に保持されるため、例えば、ウエハW1の交換作業中に洗浄工程を実施することも可能であり、これによっても装置のスループットへの影響を抑えることができる。

10

## 【0028】

以上のように、本実施形態によれば、モールドに付着した樹脂の硬化物を短時間で除去するのに有利なインプリント装置および方法を提供することができる。

## 【0029】

## (第2実施形態)

次に、本発明の第2実施形態に係るインプリント装置について説明する。本実施形態に係るインプリント装置の特徴は、第1実施形態に係るウエハステージ4の構成を変更する点にある。図6は、本実施形態に係るインプリント装置50の構成を示す概略図である。なお、図6において、図1に示す第1実施形態のインプリント装置1の構成と同一のものには同一の符号を付し、説明を省略する。第1実施形態では、ウエハステージ4は、ウエハW1を保持する第1ステージST1と、洗浄用ウエハW2を保持する第2ステージST2との2つの独立したステージを含む。これに対して、インプリント装置50を構成するウエハステージ51は、まず、ウエハW1を吸着保持するウエハチャック52aと、洗浄用ウエハW2を吸着保持するウエハチャック52bとを含む。さらに、ウエハステージ51は、各ウエハチャック52a、52bを双方とも機械的に保持し、各軸方向に移動可能とするステージ駆動機構53を含む。図7は、ウエハステージ51をZ軸方向から見た平面図である。ウエハチャック52a、52bは、それぞれ第1実施形態のウエハチャック12a、12bに形状および機能ともに対応している。さらに、ウエハステージ51は、第1実施形態の基準マーク14a、14bに対応した基準マーク54を備えるが、本実施形態ではステージ駆動機構が1つのみであるので、基準マークも統一される。このような構成のもと、インプリント装置1による洗浄工程を含む処理動作は、第1実施形態と同様である。本実施形態のインプリント装置によれば、第1実施形態と同様の効果を奏するとともに、ウエハステージのステージ駆動機構が1つで済むため、装置コストを低減させる点で有利となり得る。

20

30

## 【0030】

## (第3実施形態)

次に、本発明の第3実施形態に係るインプリント装置および方法について説明する。本実施形態に係るインプリント装置の特徴は、図3に示す第1実施形態に係る処理動作に、ステップS300の洗浄工程の前に、洗浄工程でのモールドMの洗浄を促進させるための洗浄前工程を追加する点にある。図8は、図3に示す第1実施形態における処理動作の流れに対応した、本実施形態に係るインプリント装置60(図9)による処理動作の流れを示すフローチャートである。洗浄工程(ステップS300)での洗浄を促進させるとは、具体的には樹脂の硬化物をさらに効率的に軟化させることをいい、例えば、硬化工程にて使用する光とは異なる波長の光(洗浄用光)を照射したり、モールドMに振動を与えたりする方法がある。特に、洗浄用光を用いる技術としては、真空紫外線(VUV)をモールドMに照射し、硬化物(有機物)をCOやCO<sub>2</sub>などの気体分子まで分解して除去する、いわゆるドライ洗浄技術がある。このドライ洗浄技術は、硬化物を気体分子まで分解しなければ除去されずに残留してしまうため、それ単独では分解除去に時間を要する。これに対して、ドライ洗浄技術を上記実施形態に示すような洗浄工程と組み合わせれば、硬化物

40

50

の除去に要する総時間を短縮させることができる。以下、洗浄前工程（ステップS250）にドライ洗浄技術を採用するものとして説明する。

#### 【0031】

図9は、本実施形態に係るインプリント装置60の構成のうち、洗浄前工程を実施するための主要部分を示す概略図である。なお、図9において、図1に示す第1実施形態のインプリント装置1の構成と同一のものには同一の符号を付し、説明を省略する。まず、インプリント装置60は、少なくとも、モールド保持機構3と、気体供給機構6のノズル21とを内部に含む収容部（チャンバー）61と、この収容部61内に含まれる洗浄用の光源62とを備える。光源62は、洗浄前工程にて、モールドMに対して洗浄用光として真空紫外線63を照射する。この光源62は、図9(a)に示すように、光照射部2と同様にモールドMの背面からパターン部Maに真空紫外線63を照射するように配置されてもよいし、図9(b)に示すように、パターン部Maに直接照射するように配置されてもよい。特に、図9(a)に示す構成を採用する場合には、光源62から照射されてモールドMを透過した真空紫外線63が、効率良くパターン部Maに照射されるように、インプリント装置60は、真空紫外線63をパターン部Maに反射させるミラー64を備える。なお、このミラー64は、洗浄用ウエハW2を兼ねたベアウエハとしてもよい。一方、図9(b)に示す構成を採用する場合には、光源62は、第1実施形態での第2ステージST2に設置される構成もあり得る。収容部61は、不図示であるが、ノズル21から供給された各気体A、B、Cを外部に排気可能とする排気機構を備える。この排気機構は、収容部61内に存在する気体が以降の工程時に残留していないように排気する。さらに、気体制御部22に接続される気体容器20は、本実施形態では3種類の気体（気体A、B、C）を1つずつ収容する3つの気体容器20a~20cからなる。インプリント装置に供給される気体の種類や供給量などは、気体制御部22によって制御される。ここで、気体Aは、図8に示すステップS300の洗浄工程で使用される気体であり、例えば、第1実施形態と同様にPF6である。気体Bは、ステップS250の洗浄前工程で使用される気体であり、例えば、窒素と、わずかな酸素とを含む混合気体である。さらに、気体Cは、ステップS100のインプリント工程で使用される気体であり、例えば、第1押型工程にてモールドMのパターン部Maへの樹脂の充填時間を短縮するのに好適な性質を有するヘリウムである。すなわち、本実施形態の気体供給機構6は、それぞれ異なる3種類の気体を供給可能としている。

#### 【0032】

次に、インプリント装置60による処理動作（インプリント方法）について説明する。図8に示す本実施形態に係る処理動作の流れにおいて、ステップS250の洗浄前工程以外の工程については、図3と同様である。ただし、ステップS100のインプリント工程では、制御部7は、ノズル21から気体Cを供給させ、収容部61内を気体Cの雰囲気とし、その後、インプリント処理を実施させる。これにより、第1押型工程にてモールドMのパターン部Maへの樹脂の充填時間を短縮させることができる。ステップS250の洗浄前工程では、制御部7は、まず、ノズル21から気体Bを供給させ、その後、収容部61内を気体Bの雰囲気とする。そして、制御部7は、光源62から真空紫外線63を照射する。これにより、パターン部Maに付着している樹脂の硬化物は、分解および低分子化されるので、インプリント装置60は、ステップS300の洗浄工程において、硬化物の軟化、溶解を促進させることができる。このように、本実施形態のインプリント装置および方法によれば、ステップS250の洗浄前工程を追加実施することで、ステップS300の洗浄工程の時間をさらに短縮し、モールドに付着した樹脂の硬化物を効率的に除去することができる。

#### 【0033】

（物品の製造方法）

物品としてのデバイス（半導体集積回路素子、液晶表示素子等）の製造方法は、上述したインプリント装置を用いて基板（ウエハ、ガラスプレート、フィルム状基板）にパターンを形成する工程を含む。さらに、該製造方法は、パターンを形成された基板をエッチン

グする工程を含み得る。なお、パターンドメディア（記録媒体）や光学素子などの他の物品を製造する場合には、該製造方法は、エッチングの代わりにパターンを形成された基板を加工する他の処理を含み得る。本実施形態の物品の製造方法は、従来の方法に比べて、物品の性能・品質・生産性・生産コストの少なくとも1つにおいて有利である。

【0034】

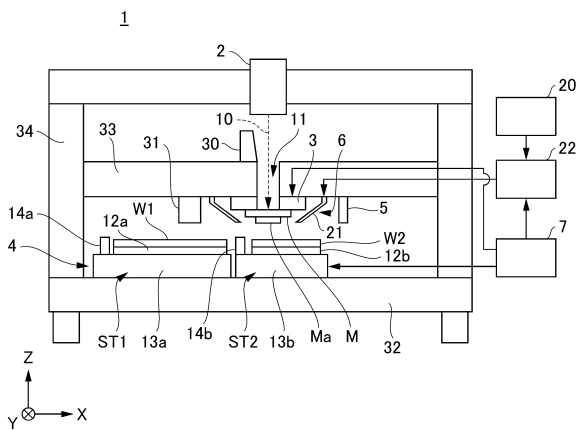
以上、本発明の好ましい実施形態について説明したが、本発明は、これらの実施形態に限定されず、その要旨の範囲内で種々の変形および変更が可能である。

【符号の説明】

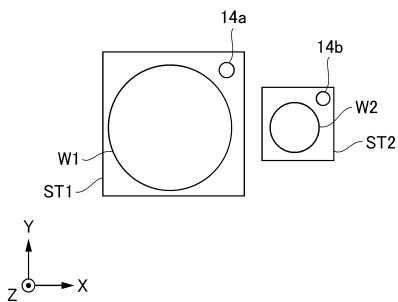
【0035】

- 1       インプリント装置
- 3       モールド保持機構
- 6       気体供給機構
- 1 2 a   ウエハチャック
- 1 2 b   ウエハチャック
- M       モールド
- W 1     ウエハ
- W 2     洗浄用ウエハ

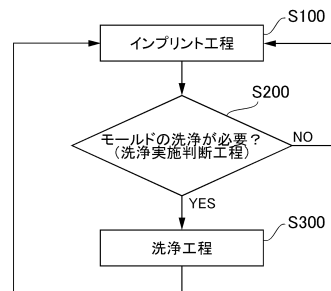
【図1】



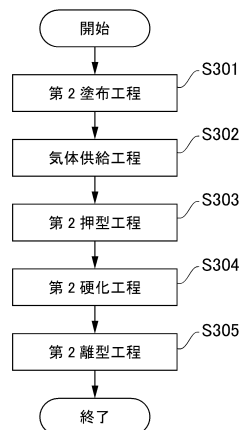
【図2】



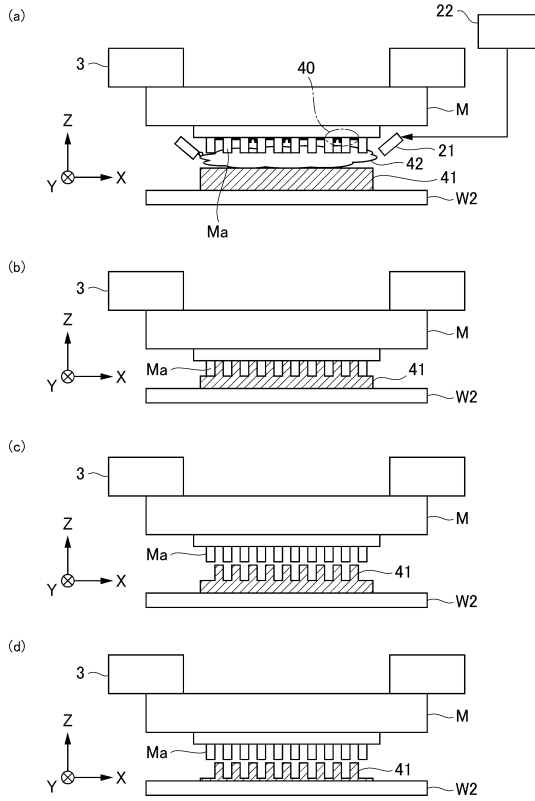
【図3】



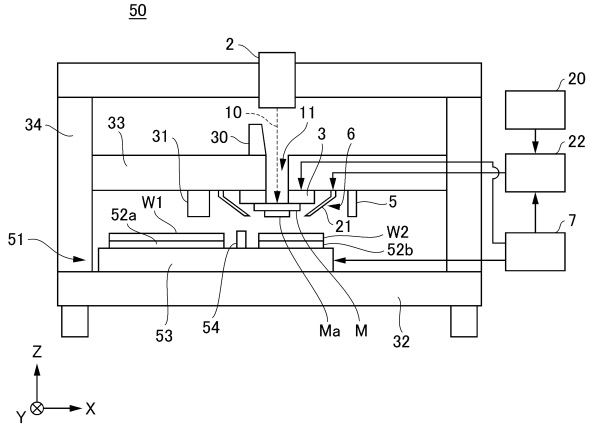
【図4】



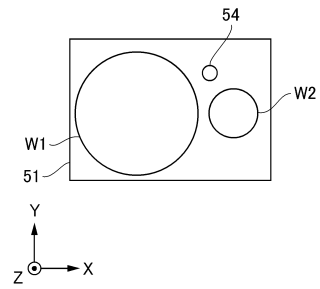
【図5】



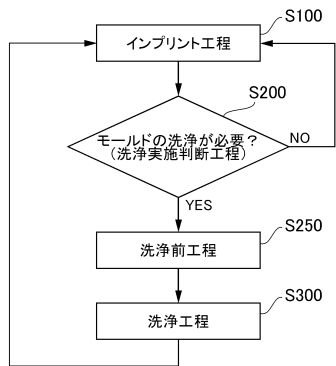
【図6】



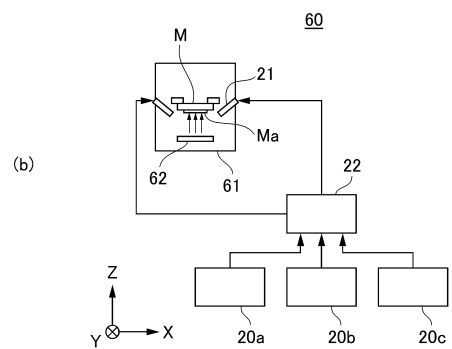
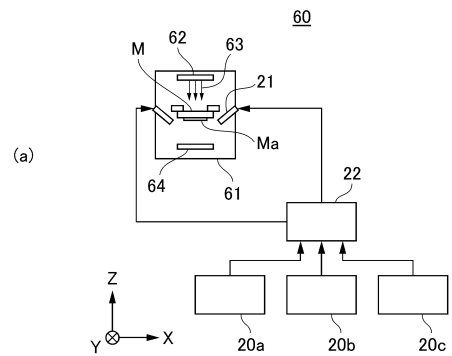
【図7】



【図8】



【図9】



---

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2009-093723(JP,A)  
特開2009-266841(JP,A)  
米国特許出願公開第2009/0267267(US,A1)  
特表2012-504865(JP,A)  
特開2012-164785(JP,A)  
米国特許出願公開第2012/0199997(US,A1)  
特開2011-155160(JP,A)  
特開2009-088484(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/027、21/30  
B29C 59/00 - 59/06